



## Visualización y Análisis de Datos en Mundos Virtuales Educativos: Comprendiendo la interacción de los usuarios en los entornos 3D

Francisco J. García-Peñalvo, Juan Cruz-Benito, Roberto Therón

GRupo de Investigación en InterAcción y eLearning (GRIAL),

Departamento de Informática y Automática

Universidad de Salamanca

IUCE, Paseo de Canalejas 169, 37008, Salamanca,

fgarcia@usal.es, juanCB@usal.es, theron@usal.es

### Resumen

Los Mundos Virtuales y otro tipo de entornos 3D como los videojuegos tienen cada vez una mayor presencia en el ámbito de la educación. Este tipo de recursos otorgan a través de la tecnología una serie de ventajas capitales en muchos casos concretos de aprendizaje, como pueden ser aquellos que reproducen entornos tridimensionales que no se pueden tener en los colegios, universidades, etc. o ventajas en cuanto a la posibilidad de concurrencia de los usuarios sin importar su ubicación física real o su lugar de proveniencia (en el caso de cursos puramente a través de Internet). Por ello es fundamental utilizarlos y comprenderlos en profundidad, ya que puede servir de gran ayuda a los docentes, de modo que a través de ese conocimiento puedan mejorar y ampliar su aplicación en la docencia.

En relación con esta temática, este artículo presenta diversos métodos de análisis y visualización de evidencias recogidas de diversos Mundos Virtuales Educativos y entornos 3D, presentando asimismo los objetivos y tendencias más habituales en el análisis de datos dentro de este tipo de entornos, entre las que destacan, por ejemplo, los análisis relacionados con las acciones de usuarios, los movimientos dentro de los entornos tridimensionales, y los usos de las herramientas de comunicación.

**Palabras clave:** Análisis de Datos, Visualización, Mundos Virtuales Educativos, Escenarios Educativos 3D, Videojuegos Educativos, Gamificación

**Recibido:** ; **Aceptado:** .

## 1. Introducción

Los Mundos Virtuales, ya sean de Aprendizaje [1, 2, 16, 22, 27, 29] o destinados a tareas lúdicas o de cualquier otro tipo [8, 19, 25, 26, 28, 30], tienen una característica clave: son entornos 3D creados para la interacción de usuarios, ya sea entre ellos o con el propio escenario del mundo virtual, es decir, son plataformas *software* que sustentan sus objetivos de uso en una serie de relaciones y características sociales de los individuos que las utilizan.

Por ejemplo, la principal diferencia entre un entorno 3D y otro entorno de aprendizaje como puede ser un *Learning Management System* (LMS) o un *Content Management System* (CMS) es que en los mundos virtuales es posible comprender aspectos del comportamiento de los usuarios frente al entorno a través del registro de distintos tipos de datos, como pueden ser los relacionados con los movimientos, las conversaciones habladas o escritas u otro tipo de interacción que necesariamente se produce dentro de un entorno inmersivo de este tipo [24].

Por el contrario, los mundos virtuales tienen una fuerte

relación con los videojuegos, ya que muchos videojuegos se basan en entornos 3D donde los usuarios interactúan con el sistema o con otros usuarios a fin de alcanzar algún tipo de objetivo definido. En este contexto la similitud entre los videojuegos y los mundos virtuales, es que estos mundos pueden incorporar mecánicas de juego y de interacción dirigida hacia la consecución de objetivos. Aún más acentuado se puede encontrar esta integración de mecánicas de juego en aquellos mundos virtuales de uso educativo, ya que en ellos se plantean generalmente dos tipos de experiencias, aquellas destinadas a la interacción y aprendizaje por medio de actividades de *role playing* y aquellas otras experiencias que se basan en la interacción guiada por escenarios que incluyen recursos educativos para la consecución de objetivos de aprendizaje (de modo idéntico en muchas ocasiones a las mecánicas típicas de juego). De tal forma es esto, que muchos mundos virtuales utilizan parte de sus escenarios como para implementar escenarios con mecánicas de juego y pequeños *serious games* [7]. A su vez, muchos videojuegos son en realidad mundos virtuales, ya que se trata de escenarios pensados únicamente para la consecución de objetivos e interacciones de tipo lúdico pero

que cuentan con una composición igual a la de los mundos virtuales, es decir, ofreciendo al usuario entornos 3D extensos que permita un uso de tipo exploratorio, y que infundan al usuario una sensación de libertad en cuanto al movimiento.

Teniendo en cuenta la posibilidad de relación directa entre los mundos virtuales educativos y los videojuegos educativos, en este artículo se describirán una serie de casos sobre el análisis y visualización de datos centrados en los mundos virtuales educativos, aunque siempre teniendo en mente la capacidad de réplica de este análisis en los videojuegos educativos que presenten características similares.

Debido a las características típicas de interacción social anteriormente comentadas, tradicionalmente los análisis de datos y las visualizaciones asociadas a los mundos virtuales educativos se basan en estas relaciones y características sociales típicas de estos entornos, ya que a través de ellas es posible caracterizar el conocimiento y los sucesos que tienen lugar en el entorno virtual, dando lugar a una visualización y análisis de tipo social. En los mundos virtuales, también es posible encontrar análisis y visualizaciones de datos sobre otras muchas características [3], incluso las que son comunes a cualquier sistema informático con usuarios (como las relacionadas con las sesiones, *login*, *logout*, etc.) o los análisis comunes en los distintos sistemas relacionados con el aprendizaje (lecturas o revisiones de archivos, tiempos de acceso, etc.). En este artículo se obviará este tipo de análisis y visualizaciones, ya que son problemas tratados de forma más amplia en otros contextos, y no son algo tan característico de los mundos virtuales (educativos) como el análisis y visualización de datos de tipo social e interactivo con el entorno tridimensional.

El análisis de datos y las visualizaciones que contemplan los datos relacionados con las cuestiones de tipo social en los mundos virtuales presentan datos sobre las personas, revelan relaciones entre los individuos o simplemente nos dan una idea sobre la actividad de un grupo de usuarios [5]. En este ámbito hay diversos métodos basados en las visualizaciones y tratamientos de datos de tipo social, como pueden ser por ejemplo las visualizaciones sobre líneas de vida o variaciones en el comportamiento espacial (basado en la circulación e interacción con el espacio 3D) por parte de los usuarios, usados para mostrar migraciones, trayectorias o transiciones [13, 21]; también existen visualizaciones sobre grandes conjuntos de conversaciones en diversos entornos multiusuario [23] o las visualizaciones acerca de los *click* o usos de determinados recursos en las plataformas en línea [15], etc.

El análisis de datos sociales y de interacción con el medio, por el tipo de datos que expresan y el conocimiento que pueden ayudar a descubrir, se suelen usar mucho en los mundos virtuales. En este artículo se presentarán sólo análisis y visualizaciones que soportan este análisis directamente relacionadas con escenarios de comprensión y conocimiento de los eventos y características propias de los mundos virtuales o videojuegos con una componente de interacción similar entre usuarios o entre el usuario y los escenarios 3D, es decir, se obviarán análisis de tipo demográfico, sociológicos, de personalización y *tracking* de usuarios, etc. centrándose sólo en

el conocimiento y percepción acerca de las acciones y características propias de un usuario frente a un entorno 3D (movimiento, acciones y comunicación). Por ello, se presentarán tres apartados, relacionados con el Análisis y visualización de datos sobre los movimientos en el espacio virtual el Análisis y visualización de datos sobre expresiones y usos de chat, y el Análisis y visualización de datos sobre las acciones de los usuarios en un entorno educativo 3D, además de esta sección inicial de Introducción y otra final sobre las conclusiones del estudio de estos tipos de análisis y visualizaciones.

## 2. Análisis y visualización de datos sobre los movimientos en el espacio virtual

En esta sección se describirán diversos casos de estudio acerca de cómo se mueven y qué comportamiento *espacial* tienen los usuarios dentro de los escenarios 3D relacionados con videojuegos o mundos virtuales. Estos casos de estudio están presentes en la bibliografía relacionada con los mundos virtuales y constituyen una aproximación bastante fiel al estado del arte en la visualización asociada al análisis de los movimientos de los avatares (*alter ego* digitales de los usuarios). En el 2002, los autores llamados K. Borner, W.R. Hazlewood y S.-M. Lin [4] presentan un sistema llamado WorldMapper destinado a visualizar interactivamente un conjunto de datos extraídos de un entorno 3D, de tal modo que esta agrupación de datos pueda ser analizada a fondo.

Dentro de la colección de datos que se usa en el sistema de visualización se encuentran algunos como fechas de construcción de objetos, constructores de los mismos, posiciones, etc. así como información acerca de los teletransportes (*teleports*) o movimientos de los usuarios dentro del entorno tridimensional. Como ejemplo de este trabajo de investigación, en la Figura 1 se puede ver la representación en 2D de los escenarios 3D de los que se extraen los datos.

En esta Figura 1 se observa la distribución de distintos espacios virtuales, las zonas de visualización de recursos (webs), los lugares donde se han realizado teletransportes, etc. La Figura 1 es una captura de pantalla del sistema de visualización WorldMapper desarrollado por los autores citados, en el cual a través de *clicks* en los distintos elementos que aparecen, el usuario recibe información relacionada. A través de ese mapeado del entorno, la persona que use la visualización puede percibir conocimiento y responder una serie de preguntas como: ¿Cuántas residencias de estudiantes existen?, ¿Qué estudiantes tienen residencia?, etc.

En la Figura 2 se observa como usan los mismos autores ese sistema WorldMapper representando una conversión o mapeo del entorno tridimensional en un sistema 2D con el objetivo de usarlo como base para representar los movimientos de varios grupos de usuarios en el escenario educativo en 3D y poder segmentar la visualización en función de características temporales. Concretamente, la Figura 2 representa



Figura 1: Mapa del espacio virtual usado [4]

los rastros o caminos de navegación que corresponden a los equipos: 2 (usuarios 05–08), 3 (usuarios 09–12) y equipo 4 (usuarios 13–16) durante una actividad de búsqueda de tesoro o descubrimiento dentro del entorno virtual; en esta actividad a los usuarios se les plantea seguir una serie de pistas y resolver varias cuestiones a través de los hallazgos que realicen.

Para evaluar la resolución de la actividad o simplemente por observar los eventos que ocurren durante la ejecución, el sistema guarda los datos en los movimientos, además de otros relacionados con los eventos de chat, etc. para que más tarde sean representados mediante una visualización y sirvan como objeto de análisis. En la visualización que se plantea con estos datos presenta los mapas del escenario 3D y los movimientos de los usuarios en él. Estos caminos se representan cada 15 minutos, de modo que se obtienen imágenes de los caminos en los minutos 15, 30, 45 y 60. Además de este reconocimiento de las rutas elegidas por los grupos se hizo durante el tiempo de la práctica un registro de la actividad en el *chat*. A través de este conocimiento de la actividad del *chat* es posible completar la información obtenida mediante el registro de los movimientos de los usuarios, de tal modo que combinando los dos registros que se conocen es posible comprender, además de las decisiones de movimientos en el espacio, la fundamentación y los razonamientos que realizan los usuarios en la toma de decisiones de la práctica.

Como continuación de este estudio, los autores Borner y Penumarthy [6] plantean la necesidad de poder conjugar dentro de la misma visualización la información tanto de los recorridos realizados por grupos de usuarios como de los usuarios individuales que componen estos mismos grupos, para poder conocer además de los patrones de uso de grupos de usuarios, las desviaciones en las decisiones o comportamientos que se pueden dar dentro de ellos por sus miembros. Como se observa, el sistema que genera la visualización obtiene los recorridos segmentados por usuarios y es capaz de representarlos por separado. En esta visualización segmentada por usuarios (en la parte izquierda de la Figura 3), la característica temporal se representa mediante la transparencia u opacidad de las marcas o ítems que se reflejan en el mapa del escenario 3D, siendo los más opacos los eventos o recorridos que se han producido antes y los más transparentes los que se han producido en un tiempo más cercano al momento de la visualización.

En la parte derecha de la Figura 3 se observa cómo los autores presentan la información de los recorridos agrupando las líneas de los movimientos individuales. Esta agrupación viene dada mediante la distancia entre los movimientos más alejados en cada cuadrícula, de modo que se toman estos como extremos y se colorea el área interior que resulta; mediante esta agrupación y representación mediante área de movimiento, los autores son capaces de expresar en cada cuadrícula o segmento de movimiento la cantidad máxima de dispersión existente en estos caminos seguidos por los usuarios que componen un grupo. En el caso de esta visualización no se aplica la diferencia de opacidad o transparencia en la representación de movimientos por grupos, aunque sí se sigue manteniendo en el uso de objetos o interacción con espacios o edificios 3D.

Como crítica a esta visualización de información, se puede señalar que en la representación de grupos se pierde la variable temporal, ya que se observa el uso temporal del entorno, pero no se observa la diferencia en el movimiento de los grupos a lo largo del tiempo de sesión o uso de los escenarios tridimensionales. El factor temporal en los datos es una variable fundamental para comprender la magnitud de un sistema y todo el conocimiento que almacenan los datos, sin la variable temporal en cualquier sistema el análisis sólo se encarga de un tiempo fijo, un instante concreto, mientras que incluir el tiempo en cualquier análisis abre las puertas a una comprensión global de cualquier problema [17, 18].

En este mismo estudio [6] se plantea además la posibilidad de conjugar las visualizaciones de los entornos mediante mapas 2D con una serie de gráficas (Figura 4) que expresen la actividad en el mundo virtual en cuanto a eventos de *clicks*, comunicaciones mediante *chat* o número de usuarios conectados simultáneamente.

Otros autores como Darken y Sibert [14] proponen, dentro de sus trabajos relacionados con el diseño de entornos virtuales que favorezcan la exploración del mundo virtual 3D, ciertas métricas de evaluación sobre las zonas que visitan o no visitan los usuarios, demostrando así qué porcentaje de la superficie de los mapas virtuales son visitados y qué zonas de barrido o exploración son habituales.

Por ejemplo, en la Figura 5 se observa un terreno completo donde se realiza una codificación por colores de modo que se observa cuál es la zona de tierra que existe en esta región (en color amarillo), qué zonas han sido visitadas o exploradas por los usuarios (color rojo), y qué zonas no han sido holladas por los usuarios (color azul). Sobre esta visualización, sólo con la codificación por colores y la forma que tienen los patrones, podemos inducir varias propiedades:

1. Los usuarios suelen moverse en una zona que se corresponde con menos del 50 % de la superficie de la región, por lo tanto esto puede darse por dos motivos:
  - a) que los usuarios se puedan encontrar algún tipo de obstáculo o zona mal diseñada que impida la correcta exploración de la zona;
  - b) que se deba a una mala señalización de las distintas opciones o espacios que ofrece el terreno;
  - c) que las zonas de actividad principal (zonas de encuentro, edificios o salas destinadas a prácticas o recursos educativos) estén dentro de esta zona explorada, por lo que a los usuarios no les sea necesario ir más allá o explorar el terreno.
2. La zona explorada por los usuarios comprende una zona bien definida, no demasiado caótica. Relacionado con los conceptos expuestos entre las razones de por qué no se visitaban las zonas, es posible que sólo se explore la zona de esa forma debido a que las actividades, recursos y lugares principales estén disponibles en ella y el resto del terreno no disponga de espacios de relevancia.



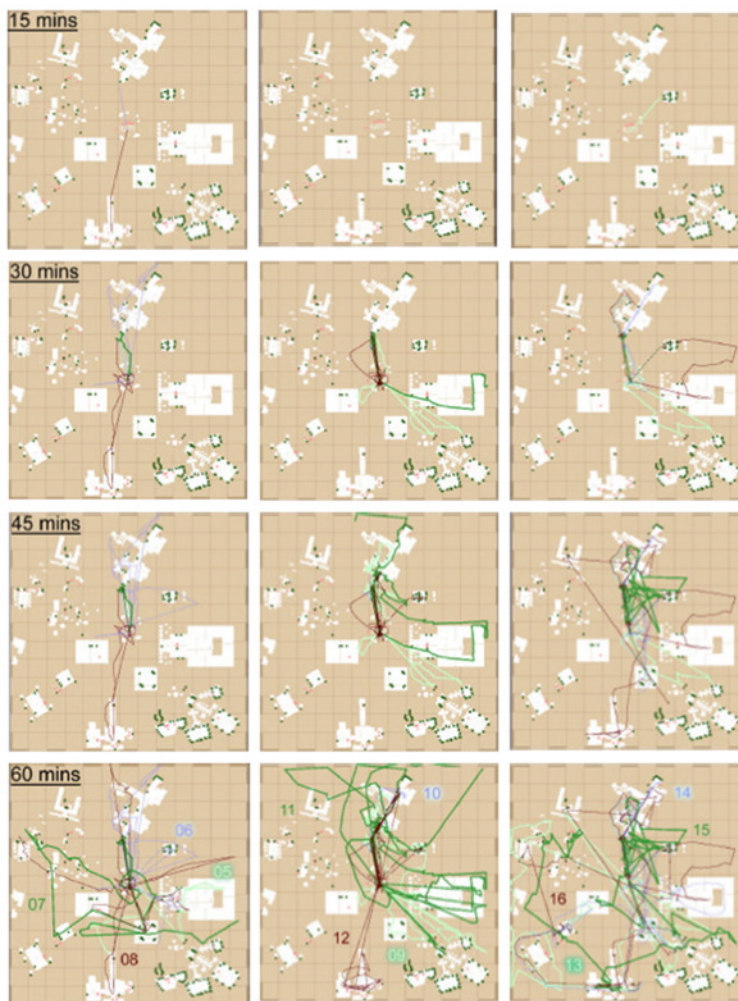


Figura 2: Visualización espacio-temporal del movimiento de tres grupos de usuarios en un entorno virtual [4]

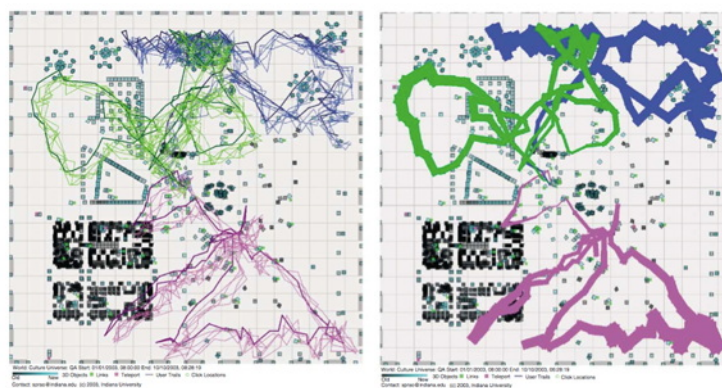


Figura 3: Visualización espacio-temporal de los recorridos de usuarios o grupos de usuarios en un mundo virtual [6]

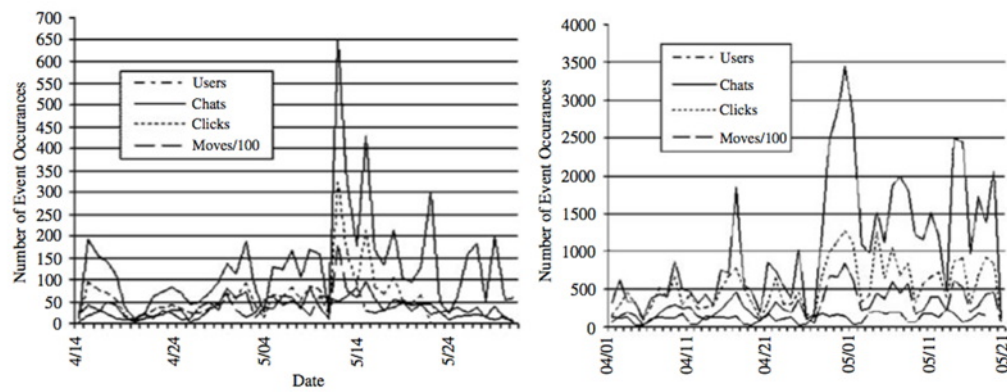


Figura 4: Gráficas temporales de eventos en un mundo virtual [6]

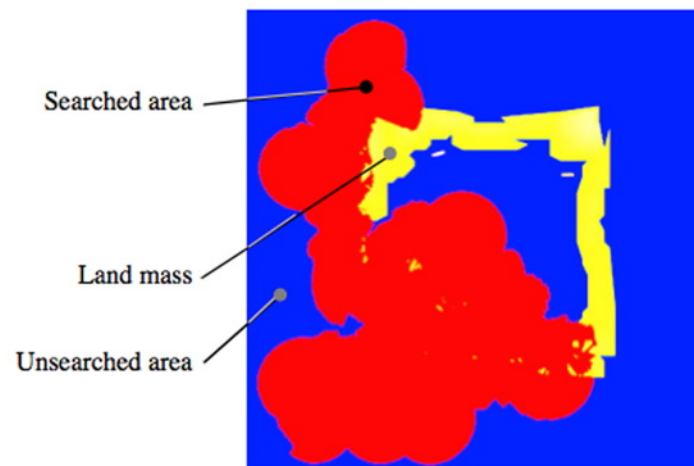


Figura 5: Visualización de zonas visitadas/no visitadas en un entorno virtual [14]

En cualquier caso, esta vista es descriptiva en cuanto al uso o recorrido de la zona tridimensional, pero es posible que mejore incluyendo algunas características de las que proponen Borner y Penumarthy en los estudios revisados anteriormente, como el hecho de mostrar la isla y sobre ella dibujar los movimientos o la zona cubierta por los usuarios, así como poder hacer distinción visual entre los distintos tipos de usuarios o grupos que recorren el espacio o añadir atributos temporales a este análisis de uso.

En cambio, otros autores en la actualidad [13] analizan la interacción en el espacio tridimensional en el ámbito de un mundo virtual completo, no sólo analizando áreas o regiones concretas del mismo. En este caso las visualizaciones y el análisis de datos abarcan el uso general del sistema (Figura 6), pudiendo relacionar incluso el movimiento de los usuarios dentro de los entornos 3D con los gustos y preferencias de los usuarios o su *engagement* en cuanto a este mundo virtual presentado [10, 11, 12]. Como ejemplo, en la Figura 6 se observan los patrones de movimientos de un conjunto de usuarios dentro de un mundo virtual educativo completo. De este modo, los autores consiguen comprender la actividad y los movimientos de los usuarios dentro del mismo en un contexto global, no sólo obtener conocimiento de una región concreta del mismo.

### 3. Análisis y visualización de datos sobre expresiones y usos de *chat*

En los mundos virtuales, otro de los análisis que más se suelen realizar, como se ha comentado, es el de las comunicaciones internas que se producen, generalmente por medios escritos (*chat*), aunque ocasionalmente en los canales de voz existente

Los autores Borner y Lin [5] especifican un sistema de análisis visual de las comunicaciones que se producen en un mundo virtual de aprendizaje, con el objetivo de reconocer varias cuestiones:

1. ¿Cuántos usuarios participan en las discusiones del grupo?
2. ¿Cuántas palabras coinciden en las conversaciones entre los distintos grupos?
3. ¿Qué usuarios son los que más usan el *chat* y cuáles menos?
4. ¿Qué proporción de mensajes se usa para explicar, hacer preguntas, resolver dudas de compañeros, etc.?
5. Otras características de la comunicación, como longitud de las frases o el tono de las conversaciones (en este tipo de *chats* suele haber opciones de susurrar, gritar, etc.).

En el caso de estudio que presentan los autores, parten de una base de 32 usuarios de los cuales recogen los datos de

comunicación. En primer término del análisis, plantean una visualización (Figura 7) acerca de las palabras únicas o repetidas en función de los datos recogidos de cada usuario. En el eje horizontal de la Figura 7 se representan los distintos usuarios que existen, indicando además su nombre, mientras que el eje vertical representa el número de expresiones únicas (en color rojo) frente al número de expresiones o palabras duplicadas o repetidas (en color gris).

Además se observan unos puntos azules encima de alguna de las barras que representan a los usuarios. Estos puntos indican los usuarios de los que disponemos la información de *chat* completa (puede ser que en varios casos falten ciertos datos del *chat* o no se hayan monitorizado todas las conversaciones). Según esta figura se podría deducir que existen siete usuarios que han participado de forma más activa en la discusión, con más de 25 palabras o expresiones cada uno mientras que otros casi no han participado.

En la segunda visualización que proponen los autores en este artículo [5], tal y como se muestra en la Figura 8, proponen un sistema donde el usuario que acceda a la visualización pueda comprender de forma clara el número, longitud y tipo de las expresiones únicas (las coloreadas en rojo en la Figura 7) y de esta forma mostrar de manera sencilla el tipo de conversaciones y el tono.

Todos los rectángulos que aparecen especificando cada expresión tienen la misma altura, por lo que, a diferencia de la visualización presentada antes en la Figura 7, esta característica de altura no tiene relevancia. Sin embargo, lo que sí tiene relevancia es el ancho de cada rectángulo. El ancho representa el número de expresiones interesantes o no interesantes del tipo (categoría de expresión) que representa. Algunas de las expresiones se representan mediante un óvalo, lo que indica que la expresión fue susurrada; las representadas de forma rectangular corresponden a un tono normal de expresión.

En este caso nos encontramos ante una clasificación fundamentalmente por color, a través del cual se representan cinco tipos de categorías que se han definido en la clasificación que hacen los autores.

### 4. Análisis y visualización de datos sobre las acciones de los usuarios en un entorno virtual 3D

Como se ha descrito en la introducción de este artículo, la tercera opción más común en el análisis y visualización de datos relacionados con los mundos virtuales y los videojuegos educativos tiene lugar con la interacción o las acciones de los usuarios con el entorno 3D del mundo virtual. En este caso, para poder realizar este análisis tanto de tipo estadístico, de minería o incluso realizar una visualización sobre las historias de usuario relacionadas con sus acciones, es fundamental realizar primero un mapeo acerca de qué está ocurriendo dentro del escenario tridimensional y a partir de esos datos trazar los análisis y visualizaciones que sean precisas. En este tipo de





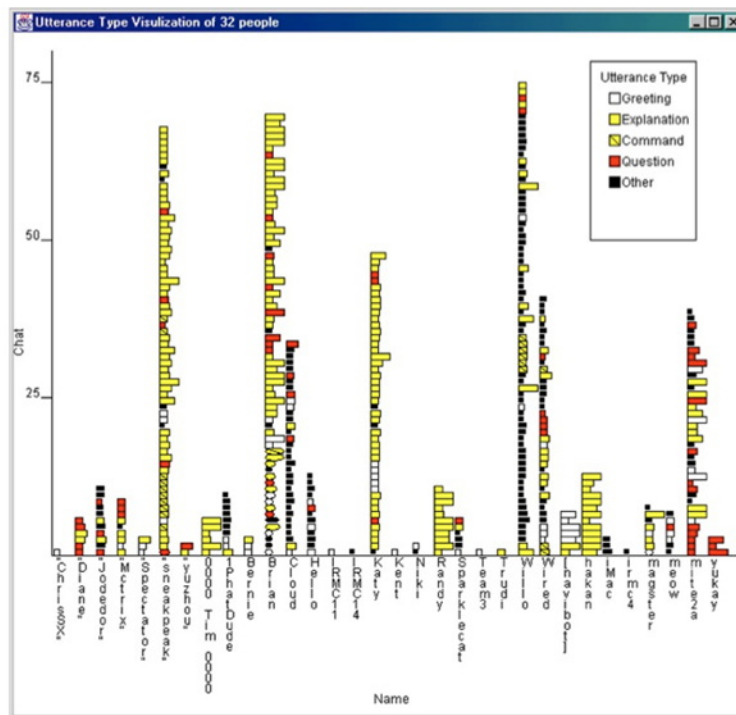


Figura 8: Número, longitud y tipo de las expresiones o palabras únicas en el chat de un mundo virtual [5]

captura de datos sobre los entornos 3D es esencial tener una información completa acerca de ellos, teniendo en cuenta todos los factores que influyen o tienen relación con la acción o interacción recogida. Entre estos factores pueden encontrarse datos acerca del tipo de acción, el momento temporal en el que se produce, el usuario que la realiza, la localización en el espacio donde se produce, distintos datos sociológicos sobre el usuario o cualesquiera que se consideren relevantes [20].

En esta línea se sitúa la siguiente visualización que se presenta (Figura 9), también relacionada con el proyecto World-Map de los autores Borner y Penumarthy [6]. En esta figura se observa cómo los autores realizan el mapeo de las acciones relacionándolas con la localización virtual donde se realizan, ya que como indican entre otros el Federal Geographic Data Committee de los Estados Unidos de América, casi el 80 por ciento de los datos que se pueden extraer actualmente en el mundo sobre cualquier evidencia tienen una componente relacionada con la localización en el medio [9].

A través de este mapeo que incluye la localización de las acciones es posible para el analista que use esta visualización conocer, y en su caso comprender, por qué se realizan las acciones en determinados lugares o momentos temporales. Esto puede proporcionar un conocimiento profundo acerca del comportamiento de los usuarios, explicando sus tendencias de uso sobre el medio 3D. Como se observa en la siguiente figura, conociendo la ubicación y las acciones realizadas por los usuarios, es posible determinar qué áreas y posibilidades usan

en mayor o menor medida los usuarios, lo que puede proporcionar una idea acerca de en qué momentos los usuarios han realizado las acciones, para luego poder buscar un porqué.

A partir de este análisis es posible determinar los gustos, preferencias o simplemente necesidades de uso de los usuarios acerca de los distintos contenidos, educativos o no, dentro de un mundo virtual. Por ejemplo, podemos conocer si ciertos alumnos han realizado algún tipo de tarea asignada durante los plazos temporales propuestos o lo han hecho en otros momentos, pudiendo esto ayudar a trazar el perfil de los usuarios, conociendo si interactúan con el medio debido al *engagement* con él, por obligación o responsabilidad con las actividades propuestas (Figura 10).

Por ejemplo, en esta Figura 10 se observa cómo se distribuyen las acciones de los usuarios respecto a los distintos tipos de contenidos educativos contenidos dentro de los escenarios tridimensionales. En dicha figura se observa como los contenidos sobre ecología son abordados por todos los usuarios en el mismo rango de fechas, mientras que otras actividades, como las relacionadas con la cultura, tienen una repercusión más prolongada en el tiempo entre los usuarios, es decir, los usuarios interactúan con los escenarios 3D durante más tiempo para alcanzar los objetivos de aprendizaje de la actividad.

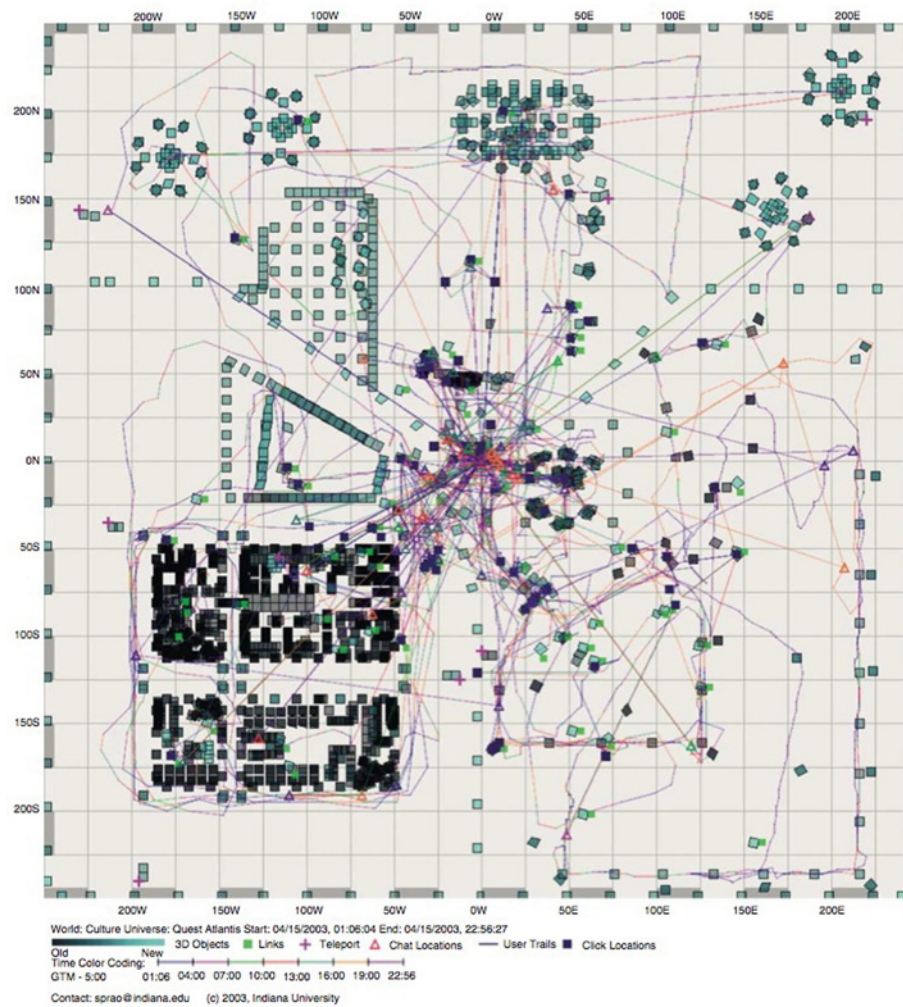


Figura 9: Mapa de actividad de los usuarios dentro de un mundo virtual [6]

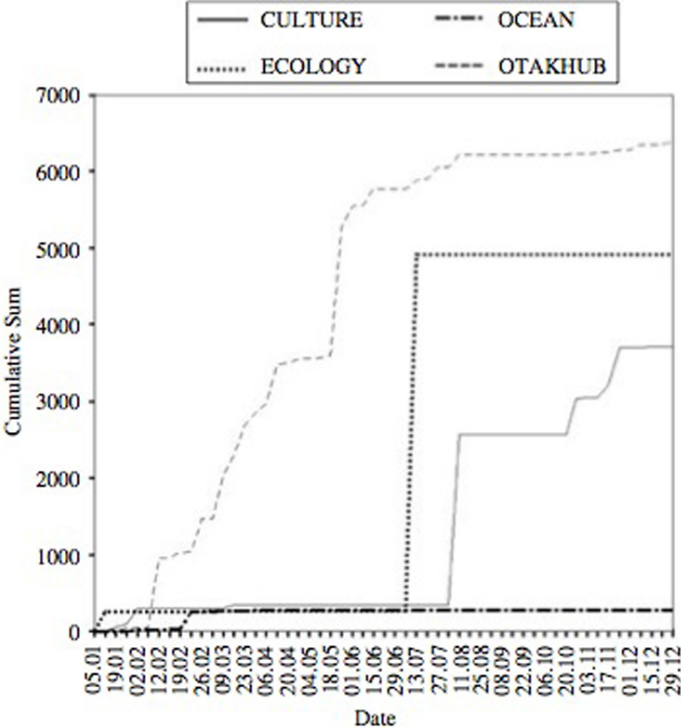


Figura 10: Distribución de acciones de los usuarios en el mundo virtual en función de los tipos de contenidos presentes [6]

## 5. Conclusiones

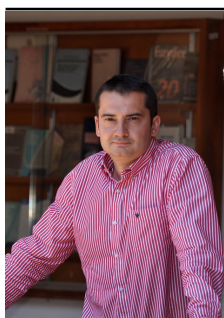
El análisis y visualización de datos relacionado con los mundos virtuales o los videojuegos educativos se ha desarrollado de forma acorde al incremento de popularidad de estos entornos como herramientas de soporte a las actividades educativas, tanto en el terreno de la educación superior como en etapas anteriores. A lo largo de los últimos 15 años, diversos autores han trabajado en esta área de investigación, resolviendo diversos problemas relacionados con la recogida de evidencias y datos directamente de los mundos virtuales y otros entornos educativos tridimensionales, así como en la comprensión de estas, pudiendo adquirir un conocimiento profundo acerca de qué ocurre, en qué momento ocurre, dónde ocurre, pudiendo llegar al objetivo final buscado tanto en este ámbito como en la mayoría de procesos de análisis por qué ocurren las evidencias.

Este conocimiento acerca de qué ocurre dentro de los entornos educativos, e intentar comprender por qué ocurren los eventos que se recogen en este tipo de estudios permite a los docentes conocer a la perfección cómo los usuarios utilizan estas plataformas, cómo interactúan con el entorno 3D o con otros usuarios y cómo perciben el proceso de aprendizaje completo. Este conocimiento sirve como realimentación al docente, permitiéndole planificar distintas acciones de mejora, detección de errores en los escenarios tridimensionales, refuerzo de actividades con menor actividad o de peor calidad, etc. lo cual lleva a las actividades docentes a un nivel de utilidad y perfección más elevado.

## Referencias

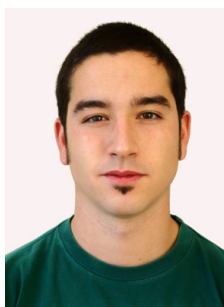
- [1] Dr Colin Allison y Dr Alan Miller: *Open virtual worlds for open learning*, St. Andrews, UK: Higher Education Academy, 2012.
- [2] Suzanne C. Baker, Ryan K. Wentz y Madison M. Woods: *Using virtual worlds in education: Second Life® as an educational tool*. Teaching of Psychology, vol. 36, núm. 1, pp. 59-64, enero de 2009.
- [3] Mark W. Bell, Edward Castronova y Gert G. Wagner: *Surveying the Virtual World-A Large Scale Survey in Second Life Using the Virtual Data Collection Interface (VDCI)*. RatSWD research notes, núm. 40
- [4] Katy Börner, William R. Hazlewood y Sy-Miaw Lin: *Visualizing the spatial and temporal distribution of user interaction data collected in three-dimensional virtual worlds*. En actas de 6th International Conference on Information Visualisation, 2002.
- [5] Katy Börner y Yu-Chen Lin: *Visualizing chat log data collected in 3-D virtual worlds*. En actas del 5th International Conference on Information Visualization. pp. 141-146. Londres, julio de 2001.
- [6] Katy Börner y Shashikant Penumarthy: *Social diffusion patterns in three-dimensional virtual worlds*. Information Visualization, vol. 2, núm. 3), pp. 182-198, 2003.
- [7] Maged N. Kamel Boulos, Lee Hetherington y Steve Wheeler: *Second Life: an overview of the potential of 3D virtual worlds in medical and health education*. Health Information and Libraries Journal, vol. 24, núm. 4, pp. 233-245, diciembre de 2007.
- [8] Edward Castronova: *Virtual Worlds: A First-Hand Account of Market and Society on the Cyberian Frontier*. CESifo Working Paper Series No. 618. Disponible en SSRN: <http://ssrn.com/abstract=294828>, diciembre de 2001.
- [9] Federal Geographic Data Committee: *FGDC-STD-001-1998. Content standard for digital geospatial metadata* Federal Geographic Data Committee. Washington, D.C., revisado en junio de 1998
- [10] Juan Cruz, Roberto Therón, Emiliana Pizarro, y Francisco J. García-Peñalvo: *Análisis de Datos en Mundos Virtuales Educativos*. Actas del XV Simposio Internacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación (SINTICE13). Madrid, septiembre de 2013.
- [11] Juan Cruz, Roberto Therón, Emiliana Pizarro, y Francisco J. García-Peñalvo: *Knowledge Discovery in Virtual Worlds Usage Data: approaching Web Mining concepts to 3D Virtual Environments*. En actas del Fourth International Workshop on Knowledge Discovery, Knowledge Management and Decision Support (Eureka-2013). Mazatlán, México, noviembre de 2013.
- [12] Juan Cruz-Benito, Roberto Therón Sánchez, Francisco J. García-Peñalvo y Emiliana Pizarro Lucas: *Analyzing users' movements in virtual worlds: discovering engagement and use patterns*. En Actas del First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturalism, TEEM '13, pp. 559-564. Salamanca, 2013.
- [13] Juan Cruz Benito, Roberto Therón Sánchez y Emiliana Pizarro Lucas: *Soluciones visuales interactivas aplicadas a grandes volúmenes de datos de entornos 3D de aprendizaje y prácticas*. En séptimo workshop de Avances en Informática y Automática. pp. 37-54. 2013.
- [14] Rudolph Darken y John L. Sibert: *Navigating large virtual spaces*. International Journal of Human Computer Interaction, vol. 8, núm. 1, pp. 49-71, enero-marzo de 1996.
- [15] Harry Hochheiser y Ben Shneiderman: *Using interactive visualizations of WWW log data to characterize access patterns and inform site design*. Journal of the American Society for Information Science and Technology, vol. 52, núm. 4, pp. 331-343, febrero de 2001.

- [16] Emiliana Pizarro Lucas, Juan Cruz Benito, y Oscar Gil Gonzalo: *USALSIM: learning, professional practices and employability in a 3D virtual world*. International Journal of Technology Enhanced Learning, vol. 5, núm. 3, pp. 307–321. 2013.
- [17] Alan M. MacEachren. *How maps work: representation, visualization, and design*. Guilford Press, Nueva York, 2004.
- [18] Wolfgang Müller y Heidrun Schumann: *Visualization methods for time-dependent data-an overview*. En Actas del Winter Simulation Conference, 2003. pp. 737–745. 2003.
- [19] Bonnie Nardiy Justin Harris: Strangers and friends: Collaborative play in World of Warcraft. En Actas del 20th anniversary conference on Computer supported cooperative work, pp. 149–158. Banff, Alberta, Canada, 2006.
- [20] Shashikant Penumarthy and Katy Börner: *Analysis and visualization of social diffusion patterns in three-dimensional virtual worlds*. En Avatars at work and play, pp. 39–61. Springer, 2006.
- [21] Catherine Plaisant, Brett Milash, Anne Rose, Seth Widdoff y Ben Shneiderman: *LifeLines: visualizing personal histories*. En Actas del SIGCHI conference on Human factors in computing systems, pp. 221–227. Vancouver, British Columbia, Canada, 1996.
- [22] Maria Roussos, Andrew Johnson, Thomas Moher, Jason Leigh, Christina Vasilakis y Craig Barnes: *Learning and building together in an immersive virtual world*. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, vol. 8, núm. 3, pp. 247–263.
- [23] Warren Sack: Discourse diagrams: Interface design for very large-scale conversations. En Actas del 33rd Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE, 2000.
- [24] Matthew Schmidt y James Laffey: Visualizing Behavioral Data from a 3D Virtual Learning Environment: A Preliminary Study. En Actas del 45th Hawaii International Conference on (HICSS), pp. 3387–3394. 2012.
- [25] C.W. Thompson: *Next-generation virtual worlds: architecture, status, and directions*. Internet Computing, vol. 15, núm. 1, pp. 60-65, enero-febrero de 2011.
- [26] Matteo Varvello, Stefano Ferrari, Ernst Biersack, y Christophe Diot: *Exploring second life*. IEEE/ACM Transactions on Networking (TON), vol. 19, núm. 1, pp. 80–91, febrero de 2011.
- [27] Maria Virvou y George Katsionis: *On the usability and likeability of virtual reality games for education: The case of VR-ENGAGE*. Computers & Education, vol. 50, núm. 1, pp. 154–178.
- [28] Jim Waldo: *Scaling in games and virtual worlds*. Commun. ACM, vol. 51, núm. 8, pp. 38–44, agosto de 2008.
- [29] Steven Warburton: *Second Life in higher education: Assessing the potential for and the barriers to deploying virtual worlds in learning and teaching*. British Journal of Educational Technology, vol. 40, núm. 3, pp. 414–426.
- [30] Nick Yee: *Motivations for play in online games*. CyberPsychology & Behavior, vol. 9, núm. 6, pp. 772–775.



Francisco José García Peñalvo realizó sus estudios universitarios en informática en la Universidad de Salamanca y en la Universidad de Valladolid y se doctoró en la Universidad de Salamanca. El doctor García-Peñalvo es el director del grupo de investigación GRIAL (Grupo de investigación en Interacción y eLearning). Sus principales intereses de investigación se centran en

el eLearning, Computadores y Educación, Sistemas Adaptativos, Ingeniería Web, Web Semántica y Reutilización de Software. Ha dirigido y participado en más de 15 proyectos de innovación e investigación. Fue Vicerrector de Innovación Tecnológica de la Universidad de Salamanca entre Marzo de 2007 y Diciembre de 2009. Ha publicado más de 100 artículos en revistas y conferencias internacionales. Ha sido editor invitado en varios números especiales de revistas internacionales (*Online InformationReview, Computers in Human Behaviour, Interactive Learning Environments...*). Además, es miembro del comité de programa de varias conferencias internacionales y revisor de varias revistas internacionales.



Juan Cruz-Benito es Graduado en Ingeniería Informática por la Universidad de Salamanca y Máster en Sistemas Inteligentes por la misma Universidad. Actualmente se encuentra realizando su Tesis Doctoral, y es uno de los miembros más jóvenes del GRUPO de Investigación en InterAcción y eLearning (GRIAL) de la Universidad de Salamanca, donde desempeña labores

técnicas relacionadas con los ecosistemas de aprendizaje. Posee gran experiencia en la definición, desarrollo y gestión de Mundos Virtuales de Aprendizaje adquirida a través del proyecto USALSIM, coordinado desde el Servicio de Inserción Profesional, Prácticas y Empleo (SIPPE) de la Universidad de Salamanca y el proyecto de innovación docente UsalPharma coordinado por el Departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica de la Facultad de Farmacia de la misma Universidad. Asimismo, ha participado en diversos proyectos nacionales e internacionales de innovación e investigación relacionados con el eLearning, y en varios artículos en congresos y revistas de prestigio.





*Roberto Therón* cursó sus estudios de Informática en la Universidad de Salamanca (Diplomatura) y la Universidad de la Coruña (Licenciatura). Tras entrar a formar parte del Grupo de Investigación en Robótica de la Universidad de Salamanca, presentó su trabajo de Tesis, "Cálculo paralelo del espacio de las configuraciones para robots

redundantes", recibiendo el Premio Extraordinario de Doctorado. Posteriormente ha obtenido los títulos de Licenciado en Comunicación Audiovisual (Universidad de Salamanca) y Licenciado en Humanidades (Universidad de Salamanca). En la misma Universidad de Salamanca continúa realizando su trabajo de investigador, como encargado del grupo VisUsal (dentro del Grupo de Investigación Reconocido MiDa) que se centra en la combinación de enfoques procedentes de la Informá-

tica, Estadística, Diseño Gráfico y Visualización de Información, para obtener una adecuada comprensión de conjuntos de datos complejos. En los últimos años, se ha dedicado al desarrollo de herramientas de visualización avanzada para datos multidimensionales, como por ejemplo datos genéticos o paleoclimáticos. En el área de Análítica Visual desarrolla productivas colaboraciones con grupos e instituciones de reconocido prestigio internacional, como el Laboratorio de Ciencias del Clima y del Medio Ambiente (París) o el Centro de Análítica Visual Avanzada de la ONU (Suiza). Es autor de más de 70 artículos en revistas y congresos internacionales.

---

©2014 F.J. García-Peñalvo, J. Cruz-Benito, R. Therón. Este artículo es de acceso libre, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons de Atribución, que permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra en cualquier medio, sólido o electrónico, siempre que se acrediten a los autores y fuentes originales.